

**ЕКОНОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ СТАТИСТИКИ МІСТА КРЕМЕНЧУК****В. П. Черненко, Н. Г. Кирилах**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

Проаналізовано статистичні дані, які отримано у Кременчуцькому міськрайонному управлінні Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій (МРУ ГУ ДСНС України) у Полтавській області про кількість пожеж за 2005–2016 р.р. і виявлені закономірності щодо причин виникнення пожеж у місті Кременчук. За допомогою кореляційного аналізу розроблена модель взаємозв'язку показників пожежної статистики, таких як, кількість пожеж і кількість профілактичних протипожежних заходів, які реалізують за допомогою засобів масової інформації (ЗМІ). Побудована економетрична модель авторегресії з розподіленим лагом з урахуванням виявлених взаємозв'язків показників. Проведено прогнозування кількості пожеж з метою прийняття ефективних управлінських рішень у Кременчуцькому МРУ ГУ ДСНС України у Полтавській області. Економетричне дослідження та прогнозування показників пожежної статистики у місті Кременчук проводились вперше.

**Ключові слова:** пожежна статистика, часові ряди, кореляційний аналіз, прогнозування, модель з розподіленим лагом.

**ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ СТАТИСТИКИ ГОРОДА КРЕМЕНЧУГ****В. П. Черненко, Н. Г. Кирилах**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

Проанализированы статистические данные, полученные в Кременчугском горрайонном управлении Главного управления Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГРУ ГУ ГСЧС Украины) в Полтавской области о количестве пожаров за 2005–2016 гг. в городе Кременчуг и выявлены закономерности, связанные с причинами возникновения пожаров в городе. С помощью корреляционного анализа разработана модель взаимосвязи показателей пожарной статистики, таких как, количество пожаров и количество профилактических противопожарных мер, которые реализуют с помощью средств массовой информации (СМИ). Построена эконометрическая модель авторегрессии с распределенным лагом с учетом выявленных взаимосвязей показателей. Проведено прогнозирование количества пожаров с целью принятия эффективных управленческих решений в Кременчугском ГРУ ГУ ГСЧС Украины в Полтавской области. Эконометрическое исследование и прогнозирование показателей пожарной статистики в городе Кременчуг проводились впервые.

**Ключевые слова:** пожарная статистика, временные ряды, корреляционный анализ, прогнозирование, модель с распределенным лагом.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** У всьому світі відзначається швидке зростання чисельності населення міст, промислового, економічного і науково-технічного потенціалу. Цей процес супроводжується збільшенням кількості пожеж у містах та розмірів соціально-економічних і екологічних наслідків від них.

За даними Всесвітнього центру пожежної статистики, який щорічно узагальнює статистичні дані про пожежі з 27–57 країн світу, з 1993 по 2015 роки реєструвалося від 3,1 до 4,5 млрд пожеж, у яких загинули 24–62 тис. людей [1]. Усього за 20 років у цих країнах жертвами 86 млн пожеж стали 1 млн людей. Попередній аналіз пожежної статистики показує, що вогонь забирає життя 5 осіб щогодини, кілька десятків робить інвалідами, ще більше людей залишається без власного житла.

У 20-ти найбільш розвинених країнах світу витрати на боротьбу з пожежами щорічно складають приблизно від 0,1 до 0,3% всього ВВП країни [1]. Виходить, що вся світова економіка 3–4 дня на рік працює тільки на пожежі. Зрозуміло, що жодна країна світу не застрахована від пожеж, і Україна у цьому плані не є винятком. Можливість протистояти пожежним ризикам напряму залежить від ступеня організованості суспільства, розвиненості відповідних державних інститутів, а, значить, у кінцевому рахунку від соціальних та економічних чинників. За

цих обставин постає питання якісного аналізу пожежної статистики та математичного моделювання пожежної небезпеки країни, регіону або окремого міста. Цей аналіз може бути використано як з метою виявлення факторів, які впливають на значення показників пожежної статистики, так і для прогнозування майбутніх значень показників пожежної статистики.

Тому на даний час пожежна статистика та її економетричне моделювання активно розвиваються як окремі галузі науки. Цим питанням присвячено досить велика кількість досліджень українських вчених. Серед них можна перелічити, зокрема, роботи Іванченка І.П., Білошинського М.В., Климаса Р.В., Чумаченко О.І. та інш., у яких запропоновано різні підходи до економетричного моделювання і прогнозування кількості пожеж. Зокрема, у роботі [2] наведена цілісна схема побудови, функціонування та управління системою пожежної безпеки на прикладі країн ЄС і приділено особливу увагу економічному аспекту проблеми. У статті [3] аналізуються статистичні дані про пожежі в Україні з акцентом на житловий сектор і пропонують рішення для поліпшення профілактичної роботи серед населення. Прогнозування кількості пожеж на регіональному рівні за допомогою нейронних мереж розглянуто у роботі [4].

Серед зарубіжних авторів, що працюють в галузі моделювання пожежної статистики у залежності від демографічних, кліматичних і соціально-економічних показників, можна виділити роботу E. Chuvieso, L. Giglio, C. Justice [5]. Автори прийшли до висновку, що високий рівень ВВП і щільність населення сприяють високій щільності і тривалості пожеж. Проблема аналізу статистики пожеж у будівлях присвячені роботи A. Hasofer і I. Thomas, які у своїй роботі [6] роблять акцент на виявленні групи чинників, що призводять до загибелі і травмування людей при пожежах у будівлях.

Серед російських авторів можна перерахувати роботи М.М. Брушлинського, Б.М. Пранова, Н.П. Трет'якова. Так, Б.М. Пранов у своїй роботі [7] пропонує метод побудови апроксимуючих математичних залежностей для пожежної статистики ряду європейських країн з використанням функції Кобба–Дугласа. У статті Трет'якова [8] розв'язується задача виявлення груп (кластерів) країн, близьких між собою за загальною пожежною обстановкою. Брушлинський М.М. досліджував системи забезпечення безпеки та життєдіяльності міст та об'єктів, включаючи протипожежні служби. Він вперше у світі провів комплексне дослідження діяльності таких служб і

побудував основи теорії організації, функціонування та управління ними [9]. Для цього ним був створений комплекс оригінальних математичних моделей процесів функціонування цих систем і підготовки кадрів для них, які дозволили розробити методологію проектування систем безпеки у містах і регіонах. У своїй роботі [10] Брушлинський М.М. показав застосування статистичних методів моделювання показників організації пожежної охорони у містах світу.

У представлений роботі запропоновано методику аналізу пожежної статистики регіонального рівня. Первинний аналіз даних пожежної статистики м. Кременчук дозволяє виявити закономірності щодо причин виникнення пожеж, причин загибелі людей на пожежах, ефективності проведення профілактичної протипожежної агітації та інші закономірності. На основі цих закономірностей можна розробляти заходи щодо попередження виникнення пожеж, зменшення кількості людей, що гинуть на пожежах чи інші заходи або напрямки протипожежної роботи.

На рис. 1 представлена гістограма кількості пожеж в Кременчуці за 2015–2016 р.р. за причинами виникнення. З цієї гістограми видно, що найбільш поширеними причинами пожеж є необережне поводження з вогнем та коротке замкнення електромережі.

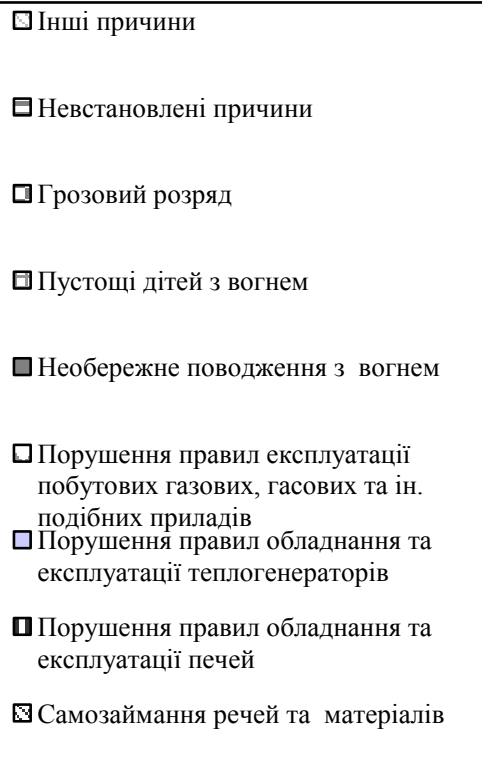
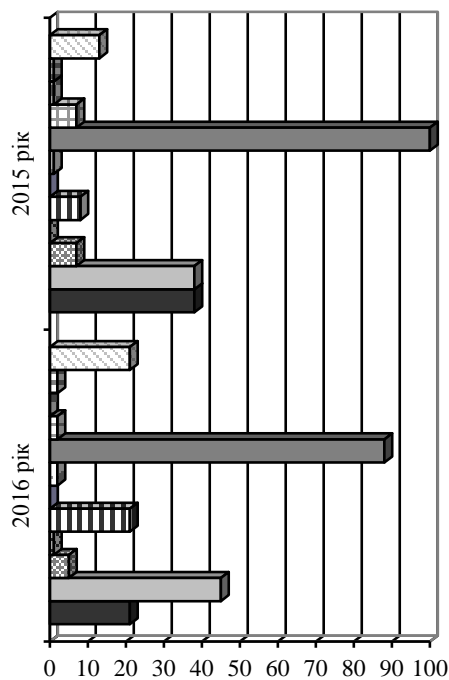


Рисунок 1 – Гістограма кількості пожеж за причинами виникнення у м. Кременчук за 2015–2016 р.р.

Попереджати пожежі у житлову секторі можна наступними заходами: здійснювати виступи на міських радіостанціях; висвітлювати в друкованих виданнях питання на тему правил користування обігрівальними приладами та електрообладнанням, правил безпечного використання приладів пічного та газового опалення; розміщати тексти попереджень на протипожежну тему у місцях з масовим перебуванням людей; проводити роз'яснювальну

роботу у вигляді рейдів у приватному житловому секторі; проводити роз'яснювальну роботу (лекції) у навчальних закладах міста з питань дотримання правил пожежної безпеки.

Метою подальших досліджень є економетричний аналіз двох часових рядів пожежної статистики – кількості пожеж та профілактичних інформаційних заходів (повідомлень у ЗМІ) у місті Кременчук.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У даній роботі на першому етапі розроблялась модель взаємозв'язку показників пожежної статистики на основі статистичної інформації Кременчуцького МРУ ГУ ДСНС України у Полтавській області. У якості показників пожежної статистики взяті часові ряди, що містять інформацію про кількість пожеж і про кількість повідомлень у ЗМІ (виступи у місцевих передачах на ТБ і радіо, виступи у навчальних закладах).

У табл. 1 представлені статистичні дані для м. Кременчук за 2005–2016 р.р. ( $Y$  – часовий ряд,

рівні якого містять інформацію про кількість пожеж,  $N$  – часовий ряд, рівні якого містять інформацію про кількість повідомлень у ЗМІ).

Для виявлення взаємозв'язку між даними часовими рядами використовувався метод кореляції не між самими рівнями ряду, а між відхиленнями фактичних рівнів ряду та вирівняних рівнів, які відображують тренд, тобто за допомогою кореляційного аналізу між залишками рядів [11]. Безпосереднє застосування кореляційного аналізу до часових рядів може призвести до істотно спотворених і навіть протилежних результатів.

Таблиця 1 – Пожежна статистика для м. Кременчук за 2005–2016 р.р.

$t$	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$Y$	214	207	165	161	142	161	157	188	158	168	185	155
$N$	198	201	226	215	244	247	272	235	257	269	295	296

Якщо часові ряди містять трендові компоненти, то кореляція їх рівнів буде перебільшена. Якщо часові ряди містять циклічні компоненти, то кореляція їх рівнів буде перебільшена при збігу періодів компонент або зменшена при розбіжності періодів. Крім того, при дослідженні зв'язку між рядами може проявитися явище запізнювання рівнів одного ряду щодо іншого (часовий лаг). Це може свідчити про наявність причинно-наслідкового зв'язку між рядами. Таким чином, для того щоб встановити наявність взаємозв'язку двох часових рядів, необхідно з кожного з них виключити вплив не стохастичних чинників, тобто чинників, які формують циклічні та трендові компоненти.

Аналіз часового ряду кількості пожеж ( $Y$ ) за допомогою методу ковзної середньої показав наявність циклічної компоненти з періодом у чотири роки. Після позбавлення від неї за допомогою адитивної моделі та аналітичного вирівнювання трендової компоненти отримано поліноміальний тренд, який представлено на рис. 2.

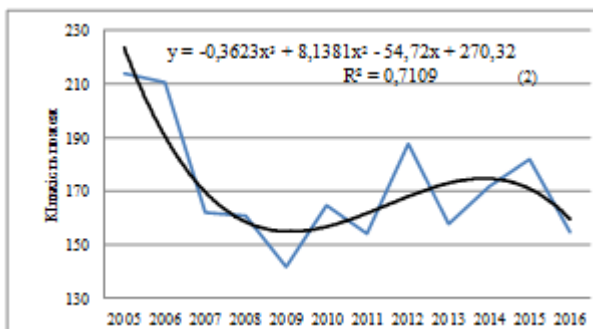


Рисунок 2 – Поліноміальний тренд кількості пожеж

За допомогою надбудови «Аналіз даних» табличного редактору MS Excel також отримано рівняння нелінійної регресії, яке представлено на рис. 2.

Часовий ряд кількості повідомлень у ЗМІ ( $N$ ) не містить циклічної компоненти, а його трендова компонента апроксимується лінійною залежністю. Рівняння лінійної регресії та лінійний тренд зображені на рис. 3.

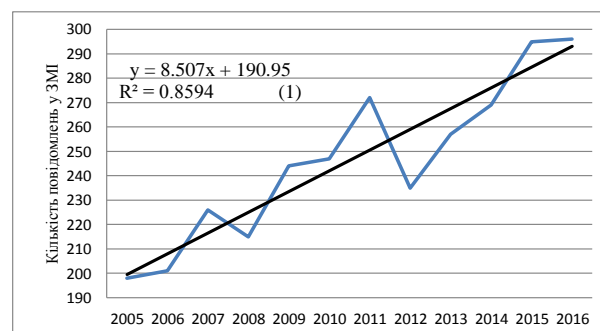


Рисунок 3 – Лінійний тренд кількості повідомлень у ЗМІ

Результати дослідження впливу кількості повідомлень у ЗМІ на кількість пожеж ( $r_k(N, Y)$ ), і навпаки ( $r_k(Y, N)$ ), за допомогою кореляційного аналізу між залишками рядів даних  $Y$  і  $N$  наведено у табл. 2.

Тут  $r_0$  – коефіцієнт кореляції при відсутності часового лагу, тобто значення рівнів рядів формуються під впливом одних і тих же факторів, що діють одночасно;  $r_k(k=1,3)$  – коефіцієнти кореляції при існуванні часового лагу в  $k$  років, тобто припускається, що фактори, які спричинили формування значень одного ряду, через  $k$  років вплинуть і на формування значень іншого ряду.

Таблиця 2 – Результати кореляційного аналізу

Коефіцієнт кореляції	$r_k(N, Y)$	$r_k(Y, N)$
$r_0$	-0,409	-0,409
$r_1$	0,201	<b>0,568</b>
$r_2$	<b>-0,580</b>	-0,408
$r_3$	0,371	0,072

Аналіз цих результатів показує наявність дворічного часового лагу впливу протипожежної пропаганди на кількість пожеж ( $r_2(N, Y) = -0,58$ ). Отримана від'ємна кореляційна залежність з лагом у два роки

між кількістю повідомлень у ЗМІ і кількістю пожеж свідчить про явний профілактичний вплив відповідних протипожежних заходів, тобто чим більше було повідомлень у ЗМІ у поточному році, тим менше пожеж буде через два роки. Також виявлено однорічний часовий лаг зворотного впливу кількості пожеж на протипожежну пропаганду ( $r_1(Y, N) = 0,568$ ), тобто чим більше пожеж було у поточному році, тим більш суворим стає дотримання заходів протипожежної безпеки у наступному році.

Для проведення подальшого прогнозування пожежної статистики слід оцінювати показники, які її характеризують, одночасно. Для цього може бути використана система одночасних рівнянь, де залежні змінні одних рівнянь можуть виступати в якості незалежних в інших [12]. Також можна використовувати авторегресійну модель з розподіленим лагом. У такій моделі серед регресорів є лагові та поточні значення як самого показника, так і величин, що його пояснюють.

Такий підхід до прогнозування дозволяє врахувати взаємозв'язки між показниками пожежної статистики і, тим самим, значно уточнити параметри моделей, підвищити точність прогнозу значень по-

казників, а отже й ефективність прийняття управлінських рішень.

З огляду на проведені дослідження, пропонується будувати модель взаємозв'язку між показниками пожежної статистики у вигляді авторегресійної залежності з розподіленим лагом:

$$Y_t = a_1 + a_2 Y_{t-1} + a_3 N_{t-2} + a_4 t + \varepsilon, \quad (3)$$

де  $Y_t$  – ендогенна змінна (кількість пожеж),  $Y_{t-1}$  – лагова ендогенна змінна,  $N_{t-2}$  – лагова екзогенна змінна (кількість повідомлень у ЗМІ) впливає на  $Y_t$  з лагом у два роки,  $t$  – екзогенна змінна (час),  $a_i$ , ( $i = \overline{1,4}$ ) – невідомі параметри.

Для оцінювання коефіцієнтів моделі (3) був використаний метод найменших квадратів. Отже, за допомогою надбудови «Анализ данных», отримано наступне рівняння:

$$\hat{Y}_t = 210,787 - 0,037 \cdot Y_{t-1} - 0,29 \cdot N_{t-2} + 3,697 \cdot t, \quad R^2 = 0,767 \quad (4)$$

На рис. 4 представлені статистичні дані та модельні значення показника кількості пожеж у м. Кременчук.

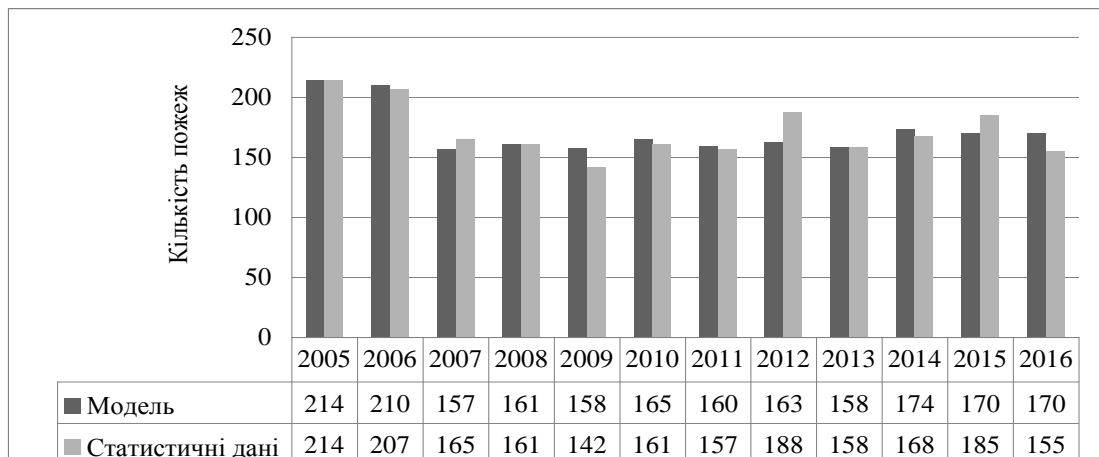


Рисунок 4 – Статистичні дані кількості пожеж в м. Кременчук за 2005–2016 роки та модельні значення

Одним із важливих індикаторів точності моделі та її сумісності є коефіцієнт Тейла, який обчислюється за формулою:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t)^2}},$$

де  $Y_t$  – статистичні дані кількості пожеж з табл. 1,  $\hat{Y}_t$  – модельні значення, які отримані за моделлю (4),  $n$  – кількість років.

За побудовою, його величина знаходиться між 0 і 1. Якщо  $U = 1$ , модель не може бути використана для прогнозу. Прогнозовані, на основі отриманої моделі, і реальні ряди некорельовані. У протилежному випадку, якщо  $U = 0$ , прогнозовані ряди співпадають з реальними рядами і модель ідеально описує дані. Для нашої моделі  $U = 0,03$ , тобто побудо-

вану модель можна використовувати для прогнозування.

Отже, проведемо прогнозування за авторегресійною моделлю з розподіленим лагом (4). Результати прогнозування необхідні для орієнтації шляхів зменшення кількості пожеж та визначення додаткових протипожежних заходів. Прогнозування за представленою моделлю представляється можливим у силу того, що у моделі використовуються дані паралельних часових рядів на минулих часових рівнях, які вже відомі і не є стохастичними.

Наприклад, точковий прогноз кількості пожеж у 2017 році за побудованою моделлю (4) дорівнюватиме:

$$\hat{Y}_{2017} = 210,787 - 0,037 \cdot Y_{2016} - 0,29 \cdot N_{t-2} + 3,697 \cdot 13 = 210,787 - 0,037 \cdot 155 - 0,29 \cdot 295 + 3,697 \cdot 13 \approx 167.$$

А щоб знайти прогнозне значення кількості пожеж у 2019 році, спочатку необхідно зробити прогноз зна-

чень лагової ендогенної змінної  $Y_{2018}$  і лагової екзогенної змінної  $N_{2017}$  у моделі (4). Під час аналізу часових рядів показників кількості пожеж та кількості повідомлень у ЗМІ були отримані тренди поліноміального і лінійного характеру, (1) і (2) відповідно. Тому за моделлю (1) знаходимо, наприклад, що прогнозне значення кількості пожеж у 2018 році дорівнюватиме 105. Прогноз кількості повідомлень у ЗМІ робимо за допомогою моделі (2) і отримуємо, що у 2017 році має бути зроблено 302 повідомлення у ЗМІ. Тоді, відповідно до моделі (4), точковий прогноз на кількість пожеж у 2019 році складатиме 175. Інтервальний прогноз будемо виконувати за формулою:

$$\hat{Y}_{pr} - t_{\alpha} \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_{pr}^2} < Y_{pr} < \hat{Y}_{pr} + t_{\alpha} \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_{pr}^2}, \quad (5)$$

де  $\hat{Y}_{pr}$  – прогнозне точкове значення показника,  $\sigma_{pr}^2$  – дисперсія прогнозу,  $\sigma_u^2$  – дисперсія залишків моделі,  $t_{\alpha}$  – параметр розподілу Стьюдента.

Згідно з результатами, отриманими за формулою (5) маємо, що з імовірністю 0,95 можна очікувати, що кількість пожеж у м. Кременчук 2017 року буде у межах від 144 до 190. Результати прогнозування на три роки зведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Прогнозні значення кількості пожеж, отримані за моделлю (4)

Рік	Точковий прогноз	Інтервальний прогноз
2017	167	144÷190
2018	171	148÷194
2019	175	152÷198

**ВИСНОВКИ.** На підставі проведених статистичних досліджень отримані результати, що свідчать про взаємозв'язок між кількістю пожеж у м. Кременчук та кількістю повідомлень з протипожежної пропаганди у ЗМІ із часовим лагом між ними. Дану обставину доцільно враховувати при прийнятті управлінських рішень у Кременчуцькому МРУ ГУ ДСНС України у Полтавській області. Із врахуванням цього взаємозв'язку між показниками пожежної статистики, побудована економетрична модель авторегресії з розподіленим лагом та проведено прогнозування кількості пожеж на три роки.

Подальше вдосконалення представленого апарату лежить у напрямку побудови структурно-часових моделей, що дозволять враховувати вплив на показники пожежної статистики додаткових соціально-економічних чинників і протипожежних заходів.

## ECONOMETRIC MODELING OF FIRE STATISTICS OF KREMENCHUK

V. Chernenko, N. Kyrylaha

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine.

**Purpose.** To investigate fire statistics, a set of time series containing information on the number of fires and preventive measures, in particular, from the number of reports in the media, allowing the construction of an econometric model for the fire prediction. **Methodology.** The use of correlation-regression analysis, a model for obtaining probabilistic-time estimates of the correlation of fire statistics has been developed. As a method of forecasting, autoregression with a distributed lag has been chosen. **Results.** Based on the statistical research carried out, the results have been obtained indicating a relationship between the number of fires in Kremenchuk and the number of reports in the media with the

## ЛІТЕРАТУРА

- Brushlinsky N.N., Hall J.R., Sokolov S.V., Wagner I.P. Reports № 10–21 // World Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF, 2005–2016. – Режим доступу: <https://www.ctif.org>.
- Іванченко І.П. Зарубіжний досвід організації системи цивільного захисту. Організаційно-економічна складова // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. – № 23. – С. 156–159.
- Аналіз статистичних даних про пожежі та їх наслідки в житловому секторі України / М.В. Білошицький, Р.В. Климась, О.П. Якименко, Д.Я. Матвійчук // Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ. – 2013. – № 14. – С. 9–14.
- Чумаченко Е.И., Ледовский А.Ю. Прогнозирование пожаров на основе использования нейросетей // Электроника та системи управління. – 2011. – № 2(28). – С. 142–148.
- Chuvieco E., Giglio L., Justice C. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data // Global change biology. – 2008. – Issue 7. – № 14. – P. 1488–1502.
- Hasofer A., Thomas I. Analysis of Fatalities and Injuries in Building Fire Statistics // Fire Safety Journal. – 2006. – Issue 1. – № 41. – P. 2–14.
- Пранов Б.М. Об одном методе моделирования европейской пожарной статистики // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 3(61) – Режим доступу: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/21-03-15.ttb.pdf>.
- Третьяков Н.П. Применение кластерного анализа к мировой статистике пожаров // Технологии техносферной безопасности. – 2009. – № 2(24) – Режим доступу: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-2/08-02-09.ttb.pdf>.
- Брушлинский Н.Н. Мировая пожарная статистика в конце XX века. – М.: Академия ГПС, 2000. – 82 с.
- Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. – М.: Юникс, 1998. – 255 с.
- Меньших А.В., Тростянский С.Н. Исследование взаимосвязи показателей пожарной статистики // Вестник Воронежского института МВД России. – 2013. – № 1. – С. 48–53.
- Меньших А.В., Тростянский С.Н. Оценка параметров систем одновременных уравнений в моделях пожарной статистики // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – № 3(8). – С. 37–40.

time lag between them. Using the constructed econometric model, a forecast of the number of fires in Kremenchuk for three years has been obtained. **Originality.** This is the first time econometric modeling and forecasting of indicators of fire statistics in the town of Kremenchuk has been conducted. **Practical value.** The obtained information on the relationship between the indicators of fire statistics in Kremenchuk, with a specific time lag and the projected values of the number of fires should be taken into account when making managerial decisions in the Kremenchuk town-based department of the Main Department of the State Service of Ukraine for Emergency Situations in Poltava region. References 12, tables 3, figures 4.

**Key words:** fire statistics, time series, correlation analysis, prediction, model with distributed lag.

#### REFERENCES

1. Brushlinsky, N.N., Hall, J.R., Sokolov, S.V., Wagner, I.P. (2005–2016), "Reports № 10–21", *World Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF*, available at: <https://www.ctif.org>.
2. Ivanchenko, I.P. (2015), *Zarubizhnyy dosvid orhanizatsiyi systemy tsyvil'noho zakhystu. Orhanizatsiyno-ekonomichna skladova // Investytsiyi: praktyka ta dosvid* [Foreign experience in organization of the civil protection system its organizing\_economical component], *Investytsiyi: praktyka ta dosvid*, no 23, pp. 156–159.
3. Biloshytskiy, M.V., Klymas, R.V., Yakimenko, A.P., Matviychuk, D.Y. (2013), *Analiz statystychnykh danykh pro pozhezhi ta yikh naslidky v zhytlovomu sektori ukrayiny* [Analysis of statistical data of fires and their consequences in the residential sector in Ukraine], *Pozhezha bezpeka: teoriya i praktyka*, no 14, pp. 9–14.
4. Chumachenko, H.I., Ledovskiy, A.Y. (2011), *Prognozirovaniye pozharov na osnove ispol'zovaniya neyrosetey* [Prediction of fire on the basis of neural networks], *Electronics and Control Systems*, no 2(28), pp. 142–148.
5. Chuvieco, E., Giglio, L., Justice, C. (2008), "Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data", *Global Change Biology*, issue 7, no 14, pp. 1488–1502.
6. Hasofer, A., Thomas, I. (2006), "Analysis of fatalities and injuries in building fire statistics", *Fire Safety Journal*, issue 1, no 41, pp. 2–14.
7. Pranov, B.M. (2015), *Ob odnom metode modelirovaniya yevropeyskoy pozharnoy statistiki* [A method for modeling a European fire statistics], *Technology of Technosphere Safety*, issue 3(61), available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-3/21-03-15.ttb.pdf>.
8. Tretyakov, N.P. (2009), *Primeneniye klasterного analiza k mirovoy statistike pozharov* [Application of cluster analysis to the world fire statistics], *Technology of Technosphere Safety*, issue 2(24), available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-2/08-02-09.ttb.pdf>.
9. Brushlinskij, N.N. (2000), *Mirovaya pozarnaya statistika v kontse XX veka* [World fire statistics in the late XX century], SFD Academy, Moscow, Russia.
10. Brushlinskij, N.N. (1998), *Sistemnyj analiz deyatel'nosti Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby* [System analysis of state fire service activities], Yuniks, Moscow, Russia.
11. Men'shikh, A.V., Trostyanskij, S.N. (2013), *Issledovaniye vzaimosvyazi pokazateley pozharnoy statistiki* [Study of the relationship of indicators fire statistics], *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*, no 1, pp. 48–53.
12. Men'shikh, A.V., Trostyanskij, S.N. (2013), *Otsenka parametrov sistem odnovremennykh uravneniy v modelyakh pozharnoy statistiki* [Estimation of parameters of systems of simultaneous equations models of fire statistics], *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*, no 3(8), pp. 37–40.

Стаття надійшла 06.06.2017.